Untersuchungen über den Einfluss von Humusstoffen auf die Verwitterung der Silikate.

DIPLOM-INGENIEUR
HANS NIKLAS.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546317_0112

Untersuchungen über den Einfluss von Humusstoffen auf die Verwitterung der Silikate.

Von der
Kgl. Technischen Hochschule zu München
zur Erlangung der Würde eines
DOKTORS DER TECHNISCHEN WISSENSCHAFTEN
(Doktor-Ingenieurs)
genehmigte Dissertation.

Vorgelegt von
Hans Niklas, Dipl.-Ingenieur und Dipl.-Landwirt
Assistent an der chemisch-bodenkundlichen Abteilung der Kgl. forstlichen Versuchsanstalt.

Referent:
Prof. Dr. Emil Ramann.

Korreferent:
Prof. Dr. Wilhelm Muthmann.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Tag der mündlichen Prüfung: **31. Juli 1911.**

Sonderabdruck aus den Internationalen Mitteilungen für Bodenkunde.
Jahrgang 1912.
Verlag für Fachliteratur G. m. b. H., Berlin W. 30.

Dem Andenken
meines teuren Vaters.

Diese Arbeit wurde im chemisch-bodenkundlichen Laboratorium der K. forstlichen Versuchsanstalt München durchgeführt. Die Anregung hierzu erhielt ich von meinem Chef, Herrn Universitätsprofessor Dr. Emil Ramann, dem ich für seine liebenswürdige Unterstützung und die reiche Anregung, die er mir gab, auch an dieser Stelle den gebührenden Dank ausspreche. Desgleichen danke ich Herrn Professor Dr. W. Muthmann bestens für das freundliche Interesse, das er dieser Arbeit entgegenbrachte.

Inhalts-Uebersicht.

	Seite
Einführung	1—5
Besprechung der Analysenresultate	5—26
I. Die Mengen der einzelnen Bestandteile der Silikate, die durch Einwirkung von Moor allein löslich wurden	5—9
II. Die Mengen der einzelnen Bestandteile der Silikate, die durch Einwirkung von Moor in 2% Salzsäure löslich wurden	9—13
III. Die Mengen der einzelnen Silikatbestandteile, die durch Vermischen der Silikate mit Moostorf und Einäschern in 2% Salzsäure löslich wurden	13—15
IV. Die Mengen der einzelnen Silikatbestandteile, die nach dem Verglühen des Moores aus dem alten Gemisch in 2% Salzsäure löslich wurden	15—18
V. Die Mengen, die aus den Silikaten durch Moor unter andauernder Wassereinwirkung löslich wurden	19—22
VI. Die Mengen, die aus den Silikaten durch Moor unter Mitwirkung der Elektrolyse löslich wurden	22—26
Schluss	27—29
Tabellen	30—31

Einführung.

Um geeignetes und genügendes Untersuchungsmaterial zu gewinnen zur Beantwortung der Frage, welche Veränderung Silikatgesteine durch langandauernde Einwirkung von humosen Substanzen erleiden, wurden von Prof. Dr. Ramann, der sich schon sehr früh mit dem Gedanken trug, die dabei vor sich gehenden Umsetzungen analystisch zu verfolgen, bereits im Jahre 1901 folgende Anordnungen getroffen:

Je 15 g fein gepulverte Substanz der Silikate Feldspat, Augit, Hornblende, Olivin, Glimmer und Labradorit wurden mit je 300 g Moostorf, der dem Chiemseemoor bei Bernau aus einer Tiefe von einigen Metern entnommen war, gut vermischt und in entspr. Glasgefässen unter Luftabschluss, was durch Ueberziehen des Deckels derselben mit Paraffin ermöglicht wurde, mehrere Jahre aufbewahrt. Luft, Wasser, Salze und andere Stoffe, die ja bei der Verwitterung der Gesteine an der Erdoberfläche mitbeteiligt sind, konnten nicht hinzutreten.

Die im Jahre 1908, also nach einem Zeitraum von 7 Jahren, erfolgten Untersuchungen dieser Proben (es wurden 1901 von jedem Silikate deren 2 angesetzt), hatten zur Aufgabe, die in den in Moor eingebetteten Silikatpulvern eventuell vor sich gegangenen Veränderungen und Zersetzungen quantitativ festzustellen. Konnten solche nachgewiesen werden, so ist wohl ersichtlich, dass diese fast ausschliesslich der Einwirkung der humosen Stoffe auf die Gesteinspulver zugeschrieben werden mussten.

Als Ziel und Zweck der Untersuchungen schwebte uns die Bestimmung folgender Grössen vor:

I. Die Mengen der einzelnen Bestandteile des Silikats, die durch Einwirkung von Moor allein löslich wurden.

II. Die Mengen, die durch Moor in 2 % H Cl löslich wurden.

III. Die Quantitäten, die durch Vermischen und Einäschern mit Moor in 2 % H Cl löslich wurden.

IV. Die Quantitäten, die nach dem Verglühen des Moores in 2 % H Cl in Lösung gingen.

V. Die Mengen, die durch Moor bei andauernder Wassereinwirkung in Lösung gingen.

VI. Die Mengen, die durch Elektrolyse sich lösten und transportabel wurden.

Es wurden nun zur Ermittelung dieser Grössen nacheinander folgende Operationen ausgeführt:

1. Von den 1901 angesetzten Proben von 15 g Silikatpulver + 300 g Moor wurde jedes einzelne mit Wasser zu 1 l aufgefüllt und nach 3 stündigem Stehen filtriert. Das Filtrat wurde einer quantitativen Analyse unterzogen.

2. Der dabei verbleibende Filterrückstand wurde mit 2 l einer 2 % H Cl 3 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt und filtriert. Dieses Filtrat wurde ebenfalls untersucht.

3. Der aus 2. verbleibende Filterrückstand wurde verascht und diese Asche mit 2 l einer 2 % H Cl ebenfalls 3 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt und abfiltriert. Dieses Filtrat wurde auch einer chemischen Prüfung unterstellt.

4. Je 15 g der betr. fein gepulverten Silikate wurden mit je 300 g Moor versetzt und dieses verascht. Die dabei verbleibende Asche nebst dem Silikatpulver wurden mit 2 l einer 2 % H Cl 3 Stunden lang auf dem Wasserbade erhitzt, filtriert und das Filtrat untersucht.

5. Je 15 g der Silikatpulver wurden mit 300 g frischem Moor vermischt und einer andauernden Wassereinwirkung dadurch ausgesetzt, dass man das zugesetzte Wasser nach einiger Zeit abfiltrierte und durch frisches ersetzte. Die Einwirkung wurde noch durch häufiges Schütteln verstärkt. Die einzelnen Filtrate wurden gesammelt, eingedampft und ebenfalls untersucht.

6. Die im Jahre 1901 bereitete 2. Probe der Mischung 15 g Silikat + 300 g Moor wurde der Elektrolyse unterworfen. Näheres darüber siehe später unter Abschnitt VI, der eine ausführliche Beschreibung enthält.

7. Von jedem einzelnen Silikate wurde eine Bauschanalyse gemacht, um dessen Zusammensetzung zu ermitteln.

8. Je 15 g der einzelnen Silikate wurden 3 Stunden lang der Einwirkung von 1 l Wasser ausgesetzt und dann filtriert. Im Filtrat wurden die in Lösung gegangenen Bestandteile ermittelt.

9. Je 15 g der Silikatpulver wurden 3 Stunden lang auf dem Wasserbade mit 2 % H Cl gekocht, dann filtriert und das Filtrat untersucht.

10. 300 g Moor wurden verascht und diese Asche mit 2 % H Cl 3 Stunden lang auf dem Wasserbade gekocht, abfiltriert und das Filtrat untersucht. Aus mehreren solchen Bestimmungen wurde ein Mittelwert berechnet.

11. 300 g Moor wurden mit Wasser zu 1 l aufgefüllt und der Gehalt des nach 3 Stunden abfiltrierten Auszuges quantitativ bestimmt.

12. 300 g Moor wurden mit 2% H Cl zu 2 l aufgefüllt, 3 Stunden lang auf dem Wasserbade gekocht und das Filtrat davon untersucht.

13. 300 g Moor wurden mit Wasser versetzt und der Elektrolyse unterzogen. Das hierdurch transportierte Wasser, das stets durch frisches nachgefülltes in Bewegung erhalten wurde, wurde gesammelt, eingedampft und untersucht. Die Elektrolyse ging ca. 1 Woche ununterbrochen vor sich.

Die unter 11., 12. und 13. aufgeführten Bestimmungen wurden mehrmals vorgenommen, um Mittelwerte daraus berechnen zu können.

Zu den unter 1. bis 13. aufgeführten vorgenommenen Operationen dienen folgende Erläuterungen:

Der Herstellung möglichst einwandfreier Filtrate von den Wasserauszügen der Silikate und des Moores musste besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden. Im ersteren Falle haben wir es mit Suspensionen, im letzteren mit kolloiden Lösungen zu tun. Allen Bemühungen zum Trotz gelang es deshalb auch nicht, ein wasserklares Filtrat von den wässrigen Moorauszügen zu erhalten. Stets gingen kolloid gelöste Humusstoffe durch, die das Filtrat bräunlich färbten. Ich begnügte mich deshalb damit, möglichst farblose Filtrate zu erhalten, die nach dem Eindampfen leicht geglüht wurden, um die organische Substanz zu zerstören. Um die Kieselsäure abzuscheiden ist mehrstündiges Erhitzen im Trocken-

schrank auszuführen, wobei indes die Temperatur 120° nicht übersteigen darf, damit sich kein säureunlösliches Fe_2O_3 bilden kann.

Das Filtrat von dem Kieselsäurerückstand wurde auf 500 ccm aufgefüllt und in geeigneten Portionen hiervon Eisen, Aluminium, Calcium, Magnesium und die Alkalien bestimmt.

Die Bestimmung erfolgte nach den bekannten Methoden. Eisen und Aliminium wurden mit Ammoniak ausgefällt und in die Oxyde übergeführt. Der Kalk wurde mit Ammonoxalat gefällt und als CaO bestimmt. Die Magnesia [1]) wurde durch Dinatriumphosphat und Ammonchlorid zur Fällung gebracht und durch Glühen in $Mg_2P_2O_7$ übergeführt.

In einer eigenen Probe wurde die Trennung von Eisen und Aluminium durchgeführt durch Behandeln der Hydroxyde mit Kalilauge. Ich hielt mich dabei an die Vorschriften, die vom anorganischen Laboratorium der hiesigen technischen Hochschule für diese Trennungsmethode ausgearbeitet wurden.

Ebenfalls in einer eigenen Probe wurden die Alkalien bestimmt. Es wurden durch Ammoniak, Ammonkarbonat und Ammonoxalat heiss Eisen, Aluminium und Kalk gefällt, dann in der Kälte mit Ammonphosphat die Magnesia. Im Filtrat hiervon wurde nach dem Eindampfen und Abrauchen der Ammonsalze mit Wasser aufgenommen und dann die Fällung der Phosphorsäure mit Baritwasser nach dem bekannten Verfahren vorgenommen: Entfernung des überschüssigen Bariums mit Ammonkarbonat und nochmaliges Eindampfen und Glühen. Dann mit etwas HCl die Chloride der Alkalien hergestellt und diese nach der Chlorplatinmethode bestimmt. Sehr zweckmässig erwies es sich, hierbei die Phosphorsäure mit essigsaurem Blei und das überschüssige Blei mit Ammonkarbonat hinwegzunehmen, um so die Acetate und daraus die Chloride zu erhalten.

Die Zusammensetzung der Silikate wurde durch die sogenannte Bauschanalyse bestimmt.

Das betr. Silikat wurde zu diesem Zwecke einmal mit Kali-Natronkarbonat aufgeschlossenen und dann die Kieselsäure und im Filtrat die Basen mit Ausnahme der Alkalien bestimmt. Zur Bestimmung der letzteren musste ein Teil des Silikats durch Flurowasserstoff aufgeschlossen werden, was in Bleitöpfen geschah. Das

[1]) Natürlich in der von Eisen, Aluminium und Kalk befreiten Lösung.

feingepulverte Silikat wurde in einem Platinschälchen mit konz. H_2SO_4 befeuchtet und auf eine Siebplatte des Bleitopfes aufgestellt, an dessen Boden durch Flusspatpulver und konz. Schwefelsäure Fluorwasserstoff durch gelindes Erwärmen erzeugt wurde, der dann ca. 2 Tage auf das Silikat einwirken konnte. Nach dem Abrauchen der Schwefelsäure wurde in Salzsäure gelöst und darin die Alkalien bestimmt.

Es wäre endlich noch zu bemerken, dass bei den Fällen, wo Kieselsäurebestimmungen nötig waren, nicht nur die Gesamtkieselsäure, sondern auch die in KOH lösliche und unlösliche Kieselsäure nach einem bereits von van Bemmelen vorgeschlagenen Verfahren bestimmt wurden.

Nach diesem Verfahren wurde die Kieselsäure nach ihrer Abscheidung einige Minuten mit KOH auf ca. 70° erwärmt, dann abfiltriert, geglüht und gewogen. Die dabei durch Kalilauge in Lösung gegangene Kieselsäure wurde aus dem Filtrat durch Zusatz mit H Cl ausgefällt und ebenfalls filtriert, geglüht und gewogen und ergab so den löslichen Teil.

Besprechung der Analysenresultate.

I. Die Mengen der einzelnen Bestandteile der Silikate, die durch Einwirkung von Moor allein löslich wurden.

Um diese Mengen zu finden, müssen wir von den Zahlen, die wir durch Analyse des Wasserauszuges von dem 1901 hergestellten Gemisch (Silikat + Moor) gefunden haben, die Zahlen abziehen, die uns die Analyse des Wasserauszuges von Moor liefert und ferner die Werte, die wir bei der Untersuchung der Wasserauszüge der Silikate gefunden haben.

Denn es ist wohl ersichtlich, dass der dem Moore zugeführte Liter Wasser sowohl aus den Silikaten gewisse Mengen in Lösung brachte als auch auf die im Moore als Verunreinigung oder zufällige Beimischung enthaltenen mineralischen Bestandteile lösend einwirkte. Da wir nur die Mengen zu kennen wünschen, die vom Moor allein gelöst, so müssen diese beiden letzten Faktoren, wie oben bemerkt, in Abrechnung gebracht werden.

I a) 300 g Moor wurden 3 Stunden lang der Einwirkung von 1 l Wasser ausgesetzt und das Filtrat untersucht. Das Mittel aus mehreren solchen Bestimmungen ergab folgende Grössen:

$CaO = 0{,}0202$ g
$MgO = 0{,}0055$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0232$
$K_2O = 0{,}0100$
$Na_2O = 0{,}0133$ g
$SiO_2 = 0{,}0072$
l [2]) $SiO_2 = 0{,}0052$

I b) Je 15 g Silikat wurden 3 Stunden lang der Einwirkung eines Liters Wassers ausgesetzt. In den Filtraten wurden gefunden:

Feldspat
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0020$ g
$MgO = 0{,}0035$
$K_2 + Na_2O = 0{,}0140$
$K_2O = 0{,}0104$
$Na_2O = 0{,}0036$

Augit
$CaO = 0{,}0260$ g
$MgO = 0{,}0013$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0094$
$K_2O = 0{,}0061$
$Na_2O = 0{,}0033$

Hornblende
$CaO = 0{,}0035$ g
$MgO = 0{,}0013$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0330$
$K_2O = 0{,}0184$
$Na_2O = 0{,}0146$
$SiO_2 = 0{,}0084$
l. $SiO_2 = 0{,}0071$

Olivin
$CaO = 0{,}0065$ g
$MgO = 0{,}0020$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0375$
$K_2O = 0{,}0119$
$Na_2O = 0{,}0256$

Glimmer
$CaO = 0{,}0190$ g
$MgO = 0{,}0050$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0305$
$K_2O = 0{,}0177$
$Na_2O = 0{,}0128$
$SiO_2 = 0{,}0041$
l. $SiO_2 = 0{,}0020$

Labradorit
$CaO = 0{,}0090$ g
$MgO = 0{,}0030$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0205$
$K_2O = 0{,}0065$
$Na_2O = 0{,}0135$
$SiO_2 = 0{,}0011$

Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0110$ g
$CaO = 0{,}0255$
$MgO = 0{,}0095$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0350$
$K_2O = 0{,}0231$
$Na_2O = 0{,}0119$

c) Die alten Gemische (15 g Silikat + 300 g Moor) wurden mit Wasser zu 1 l aufgefüllt und nach 3 Stunden filtriert. Die Filtrate ergaben bei der Untersuchung folgende Zahlen:

Feldspat
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0055$ g
$MgO = 0{,}0150$
$CaO = 0{,}0300$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0195$
$K_2O = 0{,}0140$
$Na_2O = 0{,}0055$
$SiO_2 = 0{,}0150$

Augit
$CaO = 0{,}0290$ g
$MgO = 0{,}0076$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0150$
$K_2O = 0{,}0080$
$Na_2O = 0{,}0070$
$SiO_2 = 0{,}0082$
l. $SiO_2 = 0{,}0122$

Hornblende
$CaO = 0{,}0300$ g
$MgO = 0{,}0028$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0470$
$K_2O = 0{,}0307$
$Na_2O = 0{,}0163$
$SiO_2 = 0{,}0286$
l. $SiO_2 = 0{,}7241$

Olivin
$CaO = 0{,}0150$ g
$MgO = 0{,}0130$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0631$
$K_2O = 0{,}0321$
$Na_2O = 0{,}0310$
$SiO_2 = 0{,}0438$
l. $SiO_2 = 0{,}0290$

Glimmer
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0010$ g
$CaO = 0{,}0290$
$MgO = 0{,}0045$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0590$
$K_2O = 0{,}0328$
$Na_2O = 0{,}0262$
$SiO_2 = 0{,}0224$
l. $SiO_2 = 0{,}0160$

Labradorit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0025$ g
$CaO = 0{,}0060$
$MgO = 0{,}0050$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0411$
$K_2O = 0{,}0105$
$Na_2O = 0{,}0296$
$SiO_2 = 0{,}0217$
l. $SiO_2 = 0{,}0238$

[2]) Lies stets für l = lösliche Kieselsäure, für u = unlösliche Kieselsäure.

Phonolit

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0300$ g
$CaO = 0{,}0280$
$MgO = 0{,}0095$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0867$
$K_2O = 0{,}0329$
$Na_2O = 0{,}0538$
$SiO_2 = 0{,}1$

Durch Ausführen der Subtraktion c — (a + b) ergibt sich:

Tabelle Ia.

I. Durch Moor wurden löslich:

	Feldspat	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	+ 0,0035	—	—	—	+ 0,0010	+ 0,0025	— 0,0050
CaO	+ 0.0098	— 0,0172	+ 0,0063	— 0,0117	— 0,0172	— 0,0232	— 0,0175
MgO	+ 0,0060	+ 0,0008	— 0,0040	+ 0,0055	— 0,0060	— 0,0035	+ 0,0005
$K_2O + Na_2O$	— 0,0177	— 0,0176	— 0,0092	+ 0,0024	+ 0,0053	— 0,0026	— 0,0112
K_2O	— 0,0065	— 0,0081	+ 0,0023	+ 0,0102	+ 0,0021	— 0,0060	— 0,0209
Na_2O	— 0,0115	— 0,0096	— 0,0116	— 0,0079	+ 0,0001	+ 0,0028	— 0,0003
SiO_2	+ 0,0077	+ 0,0010	+ 0,0130	+ 0,0366	+ 0,0111	+ 0,0134	+ 0,0630
l. SiO_2	—	—	+ 0,0118	+ 0,0238	+ 0,0088	+ 0,0126	—

d) Bauschanalysen der Silikate:

Feldspat

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 18{,}29\%$
$Al_2O_3 = 17{,}69$ „
$Fe_2O_3 = 0{,}33$ „
$CaO = 0{,}64$ „
$MgO = 0{,}45$ „
$K_2O + Na_2O = 14{,}37$ „
$K_2O = 11{,}7$ „
$Na_2O = 1{,}55$ „
$SiO_2 = 64{,}62$ „

Augit

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 24{,}28\%$
$Al_2O_3 = 8{,}1$ „
$Fe_2O_3 = 16{,}40$ „
$CaO = 19{,}22$ „
$MgO = 3{,}89$ „
$K_2O + Na_2O = 3{,}85$ „
$Na_2O = 2{,}05$ „
$K_2O = 1{,}80$ „
$SiO_2 = 46{,}85$ „

Hornblende

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 21{,}13\%$
$Al_2O_3 = 10{,}47$ „
$Fe_2O_3 = 9{,}99$ „
$CaO = 13{,}59$ „
$MgO = 15{,}52$ „
$K_2O + Na_2O = 8{,}2$ „
$K_2O = 4{,}5$ „
$Na_2O = 3{,}7$ „
$SiO_2 = 43{,}22$ „

Olivin

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 15{,}85\%$
$Fe_2O_3 = 11{,}89$ „
$Al_2O_3 = 3{,}74$ „
$CaO = 4{,}35$ „
$MgO = 33{,}5$ „
$K_2O + Na_2O = 4{,}73$ „
$K_2O = 2{,}10$ „
$Na_2O = 2{,}63$ „
$SiO_2 = 44{,}62$ „

Glimmer

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 25{,}72\%$
$Al_2O_3 = 18{,}95$ „
$Fe_2O_3 = 6{,}38$ „
$CaO = 2{,}95$ „
$MgO = 10{,}91$ „
$K_2O + Na_2O = 9{,}03$ „
$K_2O = 7{,}05$ „
$Na_2O = 1{,}98$ „
$SiO_2 = 48{,}96$ „

Labradorit

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 32\,30\%$
$Al_2O_3 = 30{,}5$ „
$Fe_2O_3 = 1{,}5$ „
$CaO = 11{,}06$ „
$MgO = 0{,}46$ „
$K_2O + Na_2O = 3{,}18$ „
$K_2O = 0{,}43$ „
$Na_2O = 2{,}75$ „
$SiO_2 = 54{,}69$ „

Phonolit

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 17{,}68\%$
$Al_2O_3 = 11{,}21$ „
$Fe_2O_3 = 7{,}02$ „
$CaO = 1{,}74$ „
$MgO = 1{,}70$ „
$K_2O + Na_2O = 34{,}31$ „
$K_2O = 14{,}77$ „
$Na_2O = 19{,}54$ „
$SiO_2 = 44{,}82$ „

Tabelle Ib.

I. Durch Moor wurden löslich in %.

	Feld-spat	Augit	Horn-blende	Olivin	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	+ 0,12						— 0,19
CaO	— 10,21	— 0,59	+ 0,3	— 1,79	— 3,78	— 1,39	— 6,7
MgO	+ 8,95	+ 0,13	— 0,17	+ 0,11	— 0,36	— 5,07	+ 0,16
$K_2O + Na_2O$	— 0,82	— 3,05	— 0,75	+ 0,3	+ 0,39	— 0,55	— 0,21
K_2O	— 0,37	— 3,04	+ 0'34	+ 3,2	+ 0,48	— 9,37	— 0,94
Na_2O	— 4,91	— 3,12	— 2,11	— 2,0	0	+ 0,68	— 0,01
SiO_2	+ 0,08	+ 0,02	+ 0,3	+ 0,1	+ 0,15	+ 0,16	+ 0,89

Diese beiden Tabellen, von denen die erstere die absoluten Grössen der durch Moor löslich gewordenen Bestandteile der Silikate, die zweite dagegen diese in Prozente umgerechnet enthält, zeigen uns ziemlich deutlich, dass durch Moor allein keine nennenswerte Beträge in Lösung gebracht werden.

Bei Feldspat ist es auf den ersten Blick auffällig, dass wir bei Ca O Zahlen wie — 10,21 %, bei Mg O + 8.95 % und bei Na_2O — 4,90 % erhalten, Zahlen, die über den sonstigen Durchschnitt hinausragen. Indes macht uns die Betrachtung der prozentualen Zusammensetzung des Feldspats dies ohne weiteres klar. Im Feldspat sind nur 0,64 % Ca O enthalten, also ist der absolute Betrag von Ca O in den 15 g Feldspat nur 0,096 g. Bei diesem geringen Gehalt an Ca O in demselben ist es demnach nicht verwunderlich, wenn bei der Bestimmung der Einwirkung der Humusstoffe in diesem Falle eine Abweichung von 10,21 % auftritt. Dies tritt noch um so klarer hervor, wenn man berücksichtigt, dass aus 300 g Moor durch 1 l Wasser 0,0202 g Ca O in Lösung ging, wie durch mehrere Durchschnittsanalysen gezeigt wurde. Mit anderen Worten: Das im Moor als Verunreinigung enthaltene Ca O beträgt allein schon fast 20 % des in 15 g Feldspat enthaltenen Ca O.

Der Gehalt des Feldspats an Mg O beträgt nur 0,45 %. Aus dem gleichen Grunde wie oben ist demnach eine Abweichung von 8,95 % absolut nichts abnormes. Das Gleiche gilt für eine Abweichung von 4,9 % Na_2O, dessen prozentualer Anteil im Feldspat nur 1,55 % beträgt.

Die Alkalien im Augit weichen um ca. 3 % ab. Ein Blick auf die prozentuale Zusammensetzung desselben lehrt uns aber auch, dass der betreffende Augit nicht reich an Alkalien, daher diese Abweichungen selbstverständlich sind.

Im übrigen zeigen die Tabellen I a und b, dass auch bei grösseren prozentualen Differenzen die entsprechenden absoluten Grössen nicht so gross sind, dass wir daraus auf eine auflösende Wirkung des Moores auf die Silikate schliessen könnten. Alles in allem ergibt sich höchstens eine nur sehr geringe Einwirkung des Moores auf die Silikate.

Es ist von besonderem Interesse, die Zahlen zu betrachten, die die Einwirkung des Moores auf die in den betreffenden Silikaten enthaltene Kieselsäure veranschaulichen. Fast alle untersuchten Silikate enthalten nahezu die Hälfte ihres Gewichtes oder mehr an Kieselsäure. Die Versuchsfehler treten daher bei diesen Mengen sehr zurück, desgleichen die durch die unvermeidlichen Beimengungen des Moores entstehenden abweichenden Zahlen für kleinere prozentuale Gehalte. Es ergibt sich beim Betrachten der Tabelle I b, dass Moor allein aus der Kieselsäure der Silikate, Phonolit ausgenommen nur ca. 0,1—0,2 % in Lösung brachte; man kann also auch hier höchstens von einer sehr geringen Einwirkung des Moores sprechen.

II. Die Mengen der einzelnen Bestandteile der Silikate, die durch Einwirkung von Moor in 2 % HCl löslich wurden.

Wie bereits bemerkt, verwendete ich zur Bestimmung dieser Mengen den 2 % HCl Auszug aus dem Filterrückstand, der nach dem Behandeln des Moores mit 1 Liter Wasser und darauffolgendes Filtrieren desselben verblieb. Dieser Auszug wurde nach dreistündigem Erhitzen auf dem Wasserbade filtriert und dann untersucht.

Es ist für die Berechnung folgendes zu beachten:

Die Stoffe, die aus dem Gemisch „Moor + Silikat" bereits durch ein Liter Wasser bei dreistündiger Einwirkung in Lösung gegangen, müssen zu denen addiert werden, die durch die 2 % HCl aus ihm in Lösung gegangen sind, da diese 2 % HCl selbstverständlich auch noch die bereits durch Wasser gelösten Mengen ausgezogen hätte. Andererseits muss in Abzug gebracht werden alles, was diese Salzsäure bei dreistündigem Erwärmen aus Moor allein entnimmt, sowie die Stoffe, die sie aus 15 g der betreffenden Silikate allein bei derselben Behandlungsweise entzieht.

Man muss also addieren:

1. Wasserauszug von Moor + Silikat und 2 % HCl - Auszug

von Moor + Silikat, dann 2. 2 % HCl - Auszug von Moor + 2 % HCl - Auszug von 15 g Silikat und alsdann 2 von 1 subtrahieren.

II c. 2 % HCl - Auszug von 300 g Moor. Das Mittel aus mehreren solchen Analysen ergab:

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0680$ g
$Al_2O_3 = 0{,}0270$
$Fe_2O_3 = 0{,}0410$
$CaO = 0{,}0520$
$MgO = 0{,}0117$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0253$
$K_2O = 0{,}0115$ g
$Na_2O = 0{,}0138$
$SiO_2 = 0{,}0173$
l. $SiO_2 = 0{,}0101$
u. $SiO_2 = 0{,}0105$

II a. 15 g der Silikate wurden mit 2 % HCl drei Stunden lang auf dem Wasserbade behandelt und das Filtrat untersucht. Gefunden wurden folgende Zahlen:

Feldspat

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0840$ g
$Al_2O_3 = 0{,}0675$
$Fe_2O_3 = 0{,}0250$
$CaO = 0{,}1252$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0395$
$K_2O = 0{,}0285$
$Na_2O = 0{,}0110$
$SiO_2 = 0{,}1245$
l. $SiO_2 = 0{,}1090$
u. $SiO_2 = 0{,}0155$

Augit

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}5300$ g
$Al_2O_3 = 0{,}2390$
$Fe_2O_3 = 0{,}2730$
$CaO = 0{,}0900$
$MgO = 0{,}0146$
$K_2O + Na_2O = 0{,}0129$
$K_2O = 0{,}0050$
$Na_2O = 0{,}0079$
$SiO_2 = 0{,}1906$
l. $SiO_2 = 0{,}1818$
u. $SiO_2 = 0{,}0088$

Hornblende

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}4800$ g
$Al_2O_3 = 0{,}2310$
$Fe_2O_3 = 0{,}2740$
$CaO = 0{,}1265$
$MgO = 0{,}0111$
$K_2O + Na_2O = 0{,}1169$
$K_2O = 0{,}0662$
$Na_2O = 0{,}0507$
$SiO_2 = 0{,}3072$
l. $SiO_2 = 0{,}2915$
u. $SiO_2 = 0{,}0064$

Olivin

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}7275$ g
$Al_2O_3 = 0{,}1095$
$Fe_2O_3 = 0{,}6260$
$CaO = 0{,}7230$
$MgO = 0{,}4450$
$K_2O + Na_2O = 0{,}1545$
$K_2O = 0{,}0758$
$Na_2O = 0{,}0787$
$SiO_2 = 2{,}1686$
l. $SiO_2 = 2{,}1421$
u. $SiO_2 = 0{,}0170$

Glimmer

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}6210$ g
$Al_2O_3 = 0{,}3095$
$Fe_2O_3 = 0{,}3435$
$CaO = 0{,}1095$
$MgO = 0{,}2070$
$K_2O + Na_2O = 0{,}2514$
$K_2O = 0{,}1887$
$Na_2O = 0{,}0627$
$SiO_2 = 0{,}3072$
l. $SiO_2 = 0{,}2628$
u. $SiO_2 = 0{,}0344$

Labadorit

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}7080$ g
$Al_2O_3 = 0{,}5905$
$Fe_2O_3 = 0{,}1010$
$CaO = 0{,}3500$
$MgO = 0{,}0130$
$K_2O + Na_2O = 0{,}2430$
$K_2O = 0{,}1015$
$Na_2O = 0{,}1415$
$SiO_2 = 0{,}3048$
l. $SiO_2 = 0{,}2815$
u. $SiO_2 = 0{,}0175$

Phonolit

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 2{,}4970$ g
$Al_2O_3 = 1{,}8225$
$Fe_2O_3 = 0{,}7505$
$CaO = 0{,}2415$
$MgO = 0{,}0135$
$K_2O + Na_2O = 3{,}0677$
$K_2O = 1{,}0109$
$Na_2O = 2{,}0568$

II b. Der Filterrückstand vom Wasserauszug von 300 g Moor + 15 g Silikat wurde drei Stunden lang mit 2 % HCl in der Wärme (100°) extrahiert. Für die Filtrate aus diesen Auszügen wurden folgende Werte gefunden:

Feldspat		Augit		Hornblende	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,1255 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,5490 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,4370 g
Al_2O_3	= 0,0770	Al_2O_3	= 0,1680	Al_2O_3	= 0,1597
Fe_2O_3	= 0,0420	Fe_2O_3	= 0,3865	Fe_2O_3	= 0,2637
CaO	= 0,1507	CaO	= 0,1100	CaO	= 0,1296
MgO	= 0,0208	MgO	= 0,0406	MgO	= 0,0358
$K_2P + Na_2O$	= 0,0468	$K_2O + Na_2O$	= 0,0165	$K_2O + Na_2O$	= 0,1277
K_2O	= 0,0310	K_2O	= 0,0090	K_2O	= 0,0574
Na_2O	= 0,0158	Na_2O	= 0,0075	Na_2O	= 0,0703
SiO_2	= 0,1330	SiO_2	= 0,1730	SiO_2	= 0,1073
l. SiO_2	= 0,1115	l. SiO_2	= 0,1665	l. SiO_2	= 0,0872
u. SiO_2	= 0,0215	u. SiO_2	= 0,0065	u. SiO_2	= 0,0330

Olivin		Glimmer		Labradorit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,7840 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,6088 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,7425 g
Al_2O_3	= 0,1355	Al_2O_3	= 0,2305	Al_2O_3	= 0,6055
Fe_2O_3	= 0,6435	Fe_2O_3	= 0,3403	Fe_2O_3	= 0,1205
CaO	= 0,8020	CaO	= 0,1238	CaO	= 0,3520
MgO	= 0,5230	MgO	= 0,1540	MgO	= 0,0145
$K_2O + Na_2O$	= 0,1309	$K_2O + Na_2O$	= 0·2412	$K_2O + Na_2O$	= 0,2347
K_2O	= 0,0730	K_2O	= 0,1890	K_2O	= 0,0685
Na_2O	= 0,0579	Na_2O	= 0,0522	Na_2O	= 0,1662
		SiO_2	= 0,2555	SiO_2	= 0,2853
		l. SiO_2	= 0,2341	l. SiO_2	= 0,2445
		u. SiO_4	= 0,0379	u. SiO_2	= 0,0260

Phonolit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 2,6350 g
Al_2O_3	= 1,9020
Fe_2O_3	= 0,7730
CaO	= 0,2810
MgO	= 0,0150
$K_2O + Na_2O$	= 3,2061
K_2O	= 1,6628
Na_2O	= 1,4433

Durch Ausführung der folgenden Subtraktion (II b + I c) — (II a + II c) ergibt sich:

II a. **Durch Moor in 2 % HCl wurden löslich:**

	Feld-spat	Augit	Horn-blende	Olivin	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	— 0,0210	— 0,0490	— 0,1110	— 0,0115	— 0,0792	— 0,0310	+ 0,1000
Al_2O_3	- 0,0175	— 0,0980	— 0,0738	— 0,0010	— 0,1060	— 0,0120	+ 0,0620
Fe_2O_3	— 0,0240	+ 0,0085	— 0,0513	— 0,0235	— 0,0442	— 0,0125	+ 0,0010
CaO	+ 0,0035	— 0,0030	— 0,0189	+ 0,0420	— 0,0157	— 0,0440	+ 0,0155
MgO	+ 0,0241	+ 0,0210	+ 0,0158	+ 0,0793	— 0,0607	— 0,0052	— 0,0007
$K_2O + Na_2O$	+ 0,0015	— 0,0067	+ 0,0325	+ 0,0142	+ 0,0235	+ 0,0075	— 0,1998
K_2O	+ 0,0050	+ 0,0005	+ 0,0104	+ 0,0178	+ 0,0216	— 0,0340	—
Na_2O	— 0,0035	— 0,0072	+ 0,0221	— 0,0036	+ 0,0019	+ 0,0405	—
SiO_2	+ 0,0062	— 0,0267	— 0,0980	—	— 0,0466	— 0,0151	+ 0,0752
l. SiO_2	— 0,0076	— 0,0254	— 0,0984	—	— 0,0228	— 0,0233	+ 0,0344
u SiO_2	— 0,0045	— 0,0128	+ 0,0315	—	+ 0,0015	— 0,0083	— 0,0567

II b. **Durch Moor wurden löslich in %.**

	Feld-spat	Augit	Horn-blende	Olivin	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	— 0,77	— 1,34	— 3,50	— 0,49	— 2,05	— 0,64	+ 3,77
Al_2O_3	— 0,66	— 8,09	— 4,98	— 0,18	— 3,73	— 0,26	+ 3,71
Fe_2O_3	— 47,06	+ 0,35	— 3,42	— 1,32	— 4,62	— 5,60	+ 0,14
CaO	+ 3,46	— 0,10	— 0,92	+ 6,45	— 3,55	— 2,64	+ 0,59
MgO	+ 35,70	+ 3,76	+ 0,68	+ 1,58	— 3,71	— 0,32	— 0,27
$K_2O + Na_2O$	— 0,07	— 1,16	+ 2,64	+ 2,00	+ 1 74	+ 1.65	— 3,94
K_2O	+ 0,23	+ 0,19	+ 1,56	+ 5,65	+ 2,04	— 52,71	—
Na_2O	— 1,51	— 2,34	+ 3,58	— 0,91	+ 0,65	+ 9,83	—
SiO_2	+ 0,06	— 0,38		— 0,91	+ 0,65	+ 0,18	+ 1,12

Die Zahlen dieser Tabellen sollen uns einen Massstab dafür geben, ob durch die, über die Zeitdauer von sieben Jahren sich erstreckende Einwirkung des Moostorfes auf die verschiedenen Silikate die Angreifbarkeit derselben zugenommen hat oder nicht. Sie beantworten uns mit anderen Worten die Frage, ob die während sieben Jahren der Einwirkung von humosen Stoffen ausgesetzten Silikate von 2 % heisser HCl leichter angegriffen werden als frische Gesteine.

Die in den beiden Tabellen II a und II b zusammengestellten Zahlen zeigen uns, dass wir keinesfalls von einer deutlich in die Erscheinung getretenen Einwirkung des Moostorfes auf unsere Gesteinspulver reden können. Wir können höchstens und auch da nicht ohne gewisse Reserve feststellen, dass eine ganz geringfügige Steigerung in der Angreifbarkeit der Silikate gegen 2 % heisse HCl dadurch eingetreten, dass sie während eines Zeitraumes von über sieben Jahren mit Moorsubstanz vermischt aufbewahrt wurden, und selbst da wissen wir nicht, ob nicht andere Stoffe, wie z. B. das im Moor stets vorhandene Wasser usw. an dieser geringen Zersetzung mitbeteiligt waren, d. h. hierzu beigetragen haben.

Jedenfalls lehren uns die in den Tabellen öfters vorkommenden negativen Werte, dass beispielsweise in dem Moostorf vorhandene Verunreinigungen, die zwar, wie uns mehrere Untersuchungen ergaben, nur in unbedeutenden Mengen vorkommen, aber nie ganz fehlen, schon genügen, um in zahlreichen Fällen den erlittenen Zersetzungsgrad der einzelnen Silikatbestandteile zu verdecken, bezw. sogar ins Gegenteil umzukehren.

So zeigt uns besonders Tabelle II a, dass der Unterschied in der

Angreifbarkeit von frischen Silikaten und denen in Moor aufbewahrten gegen 2 % heisse HCl kein grosser ist und mithin die bereits erwähnten, im Moore stets vorhandenen Verunreinigungen sowie auch der Umstand eine grosse Rolle spielen müssen, dass es niemals möglich ist, Wasser und 2 % HCl in allen Fällen gleich stark einwirken zu lassen. Es müssen stets kleine Abweichungen in deren anzuwendenden Quantitäten, der Temperatur, der Zeit und der Konzentration usw. auftreten, die sich nie ganz vermeiden lassen.

Zum Schlusse auch hier wieder der Hinweis, dass die Silikatbestandteile, die in grossen Mengen in den betreffenden Gesteinen vorhanden sind, laut den Zahlen der Tabelle II b eine nur sehr geringfügige Veränderung. die sie durch Moor erlitten, erkennen lassen. Vergl. die Zahlen für SiO_2.

III. Die Mengen der einzelnen Silikatbestandteile, die durch Vermischen der Silikate mit Moostorf und Einäschern in 2 % HCl löslich wurden.

Je 15 g der betreffenden Silikate wurden mit je 300 g Moor vermischt und dieses verascht. Der Rückstand daraus wurde drei Stunden lang mit zwei Liter 2 % heisser Salzsäure behandelt und dann filtriert. Die Filtrate wurden auf ihren Gehalt an in Lösung gegangenen Stoffe untersucht.

Von den so gefundenen Zahlen muss man alles das abziehen, was 2 % heisse HCl (2 l) in drei Stunden aus 15 g Silikatpulver entnimmt und ferner den in 2 l heisser 2 % HCl in drei Stunden löslichen Aschengehalt des Moorbodens.

Denn es handelt sich hier nicht darum, festzustellen, was 2 % heisse HCl aus den Silikaten in Lösung bringt, sondern darum, die Beträge der einzelnen Silikatbestandteile zu ermitteln, die lediglich durch Vermischen der Gesteine mit Moor und das darauffolgende Veraschen desselben, also durch die hierbei auftretende Verbrennungswärme des Moores sich in 2 l 2 % heisser HCl in drei Stunden lösen.

Es ist selbstverständlich, dass die im Moore vorhandenen Verunreinigungen, d. h. die Menge der in 2 % HCl löslichen Asche derselben in Abzug gebracht werden müssen.

III a. 300 g Moor verascht und mit 2 l 2 % heisser HCl auf dem Wasserbade drei Stunden lang behandelt. Das Filtrat hiervon wurde analysiert. Aus mehreren solchen Bestimmungen ergab sich im Mittel:

$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0990 g	K_2O	= 0,0278 g
Al_2O_3	= 0,0355	Na_2O	= 0,0158
Fe_2O_3	= 0,0700	SiO_2	= 0,0319
CaO	= 0,0525	l. SiO_2	= 0,0136
MgO	= 0,0209	u. SiO_2	= 0,0124
$K_2O + Na_2O$	= 0,0436		

Die in 2 1 2 % heisser HCl löslichen Silikatbestandteile sind in II a bereits aufgeführt.

III b. Je 15 g Silikat wurden mit je 300 g Moor vermischt, dann verascht und der Rückstand mit 2 % HCl drei Stunden lang auf dem Wasserbade behandelt. Die in den Filtraten gefundenen löslichen Bestandteile folgen sogleich in der Zusammenstellung:

III b. Feldspat		Augit		Hornblende	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,2380 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,6126 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,7243 g
Al_2O_3	= 0,1170	Al_2O_3	= 0,2915	Al_2O_3	= 0,3120
Fe_2O_3	= 0,1065	Fe_2O_3	= 0,3170	Fe_2O_3	= 0,4260
CaO	= 0,1905	CaO	= 0,1750	CaO	= 0,1920
MgO	= 0,0340	MgO	= 0,0560	MgO	= 0,0505
$K_2O + Na_2O$	= 0,0934	$K_2O + Na_2O$	= 0,0644	$K_2O + Na_2O$	= 0,1414
K_2O	= 0,0610	K_2O	= 0,0410	K_2O	= 0,0805
Na_2O	= 0,0321	Na_2O	= 0,0234	Na_2O	= 0,0609
SiO_2	= 0,1410	SiO_2	= 0,2436	SiO_2	= 0,2212
l. SiO_2	= 0,1298	l. SiO_2	= 0,2029	l. SiO_2	= 0,2095
u. SiO_2	= 0,0112	u. SiO_2	= 0,0306	u. SiO_2	= 0,0084
Glimmer		Labradorit		Phonolit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,9245 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,8585 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 2,6975 g
Al_2O_3	= 0,4580	Al_2O_3	= 0,5620	Al_2O_3	= 1,9500
Fe_2O_3	= 0,5075	Fe_2O_3	= 0,3015	Fe_2O_3	= 0,9505
CaO	= 0,1500	CaO	= 0,4140	CaO	= 0,2750
MgO	= 0,1434	MgO	= 0,0313	MgO	= 0,0075
$K_2O + Na_2O$	= 0,2936	$K_2O + Na_2O$	= 0,3312	$K_2O + Na_2O$	= 3,2380
K_2O	= 0,2075	K_2O	= 0,1268	K_2O	= 1,2724
Na_2O	= 0,0801	Na_2O	= 0,2044	Na_2O	= 1,9656
SiO_2	= 0,2783	SiO_2	= 0,2734	SiO_2	= 3,3555
l. SiO_2	= 0,2410	l. SiO_2	= 0,2540		
u. SiO_2	= 0,0173	u. SiO_2	= 0,0146		

Durch Ausführung der Subtraktion: III b — (III a + II a) ergibt sich:

Tabelle III a.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	+ 0,0550	— 0,0164	+ 0,1453	+ 0,2045	+ 0,0515	+ 0,1015
Al_2O_3	+ 0,0135	+ 0,0170	+ 0,0455	+ 0,1125	— 0,0640	— 0,0080
Fe_2O_3	+ 0,0115	+ 0,0300	+ 0,0820	+ 0,0940	+ 0,1305	+ 0,13
CaO	+ 0,0128	+ 0,0325	+ 0,0130	— 0,0120	+ 0,0115	— 0,0190
MgO	+ 0,0131	+ 0,0104	+ 0,0185	— 0,0850	— 0,0026	— 0,0269
$K_2O + Na_2O$	+ 0,0100	+ 0,0079	— 0,191	— 0,0014	+ 0,0446	+ 0,1276
K_2O	+ 0,0047	+ 0,0082	— 0,0135	— 0,0090	— 0,0025	+ 0,2327
Na_2O	+ 0,0053	+ 0,0003	— 0,0055	+ 0,0086	+ 0,0471	— 0,1070
SiO_2	+ 0,0154	+ 0,0211	— 0,0273	— 0,0233	— 0,0633	+ 0,0703
l. SiO_2	+ 0,0072	+ 0,0075	— 0,0037	— 0,0354	— 0,0411	
u. SiO_2	— 0,0167	+ 0,0094	— 0,0104	— 0,0295	— 0,0513	

Tabelle IIIb in %.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolit
	%	%	%	%	%	%
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	+ 2,03	— 0,45	+ 4,59	+ 5,33	+ 1,06	+ 3,83
Al_2O_3	+ 0,51	+ 1,39	+ 2,89	+ 3,96	— 1,38	+ 0,49
Fe_2O_3	+ 22,55	+ 0,67	+ 5,47	+ 9,82	+ 58,0	+ 12,35
CaO	+ 13,33	+ 1,12	+ 0,63	— 2,71	+ 0,69	— 7,28
MgO	+ 19,41	+ 1,79	+ 0,79	— 5,19	— 3,77	— 10,54
$K_2O + Na_2O$	+ 0,46	+ 1,36	— 1,55	— 0,10	+ 9,35	— 1,42
K_2O	+ 0,27	+ 3,04	— 2,00	— 0,84	— 3,87	
Na_2O	+ 2,28	+ 0,09	— 1,02	+ 2,94	+ 11,42	— 10,64
SiO_2	— 0,16	— 0,30	— 0,42	— 0,31	— 0,77	+ 1,04
l. SiO_2						
u. SiO_2						

Von einer Besprechung der Zahlen dieser beiden Tabellen kann Abstand genommen werden, da diese ermittelten Grössen nicht Selbstzweck besitzen, sondern für die in No. IV aufzufindenden Zahlen nötig sind.

IV. Die Mengen des Silikats, die nach dem Verglühen des Moors aus dem alten Gemische löslich wurden in 2 % HCl.

Da von dem Untersuchungsmaterial nur eine beschränkte Anzahl von Gemischen seinerzeit hergestellt und deswegen sparsam mit demselben zu Werk gegangen werden musste, so stellte ich aus einer solchen Probe zuerst einen Wasserauszug, aus dem Filterrückstand davon einen 2 % HCl-Auszug her und veraschte erst dann den restierenden Rückstand. Diese so hergestellte Asche wurde ebenfalls wieder mit 2 Liter 2 % HCl auf dem Wasserbade extrahiert und das Filtrat davon untersucht.

Im vorhergehenden Abschnitt III handelte es sich bekanntlich darum, festzustellen, um welchen Betrag die Vermischung der frischen Silikate mit frischem Moore und darauffolgendes Veraschen desselben die Angreifbarkeit der betreffenden Silikate steigert. Hier in IV handelt es sich darum, um wie viel die Angreifbarkeit der Silikate dadurch gestiegen ist, dass sie sieben Jahre in Moor gebettet waren und dieses dann verascht wurde. Mit anderen Worten: Dieses langjährige Einwirken des Moores auf die Silikate hat im Vereine mit der beim Veraschen desselben erzeugten hohen Temperatur wohl in dem Sinne auf die Gesteine eingewirkt, dass nunmehr von 2 % HCl viel mehr von denselben in Lösung geht, da deren Widerstandskraft durch diese Operationen eingebüsst hat.

Es ist leicht einzusehen, dass wir infolge unserer Versuchsanstellung zu unseren durch Analyse der veraschten Rückstände gefundenen Zahlen diejenigen addieren müssen, die sich aus den Analysen des Wasserauszuges und dann des 2 % HCl - Auszuges aus dem alten Gemisch (Moor + Silikat) bereits früher ergeben, da wir ja so verfuhren, dass wir zuerst mit Wasser, dann mit 2 % HCl auszogen und erst dann veraschten.

Andererseits müssen wir die in III ermittelten Analysenresultate für die Gemische: 15 g Silikat + 300 g frisches Moor, dieses verascht und dann mit 2 % HCl extrahiert, in Abzug bringen, da wir die durch langandauernde Mooreinwirkung gesteigerte Angreifbarkeit der Silikate kennen zu lernen wünschen.

Die Analysen der Wasserauszüge aus den Gemischen: Moor + Silikat sind bereits unter I c aufgeführt.

Die Analysen der 2 % HCl - Auszüge aus Moor + Silikat sind unter II b aufgeführt.

IV a. Der Rückstand aus dem 2 % HCl - Auszug von Moor + Mineral wurde verascht und die Asche mit 2 1 2 % heisser HCl drei Stunden lang extrahiert, dann filtriert und das Filtrat untersucht. Es wurden folgende Zahlen ermittelt:

Feldspat		Augit		Hornblende	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,1350 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,3350 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,4930 g
Al_2O_3	= 0,0875	Al_2O_3	= 0,2205	Al_2O_3	= 0,2050
Fe_2O_3	= 0,0450	Fe_2O_3	= 0,0840	Fe_2O_3	= 0,3060
CaO	= 0,0400	CaO	= 0,1215	CaO	= 0,2130
MgO	= 0,0102	MgO	= 0,0145	MgO	= 0,0645
$K_2O + Na_2O$	= 0,0767	$K_2O + Na_2O$	= 0,0411	$K_2O + Na_2O$	= 0,1092
K_2O	= 0,0558	K_2O	= 0,0278	K_2O	= 0,0615
Na_2O	= 0,0219	Na_2O	= 0,0133	Na_2O	= 0,0477
SiO_2	= 0,0872	SiO_2	= 0,1048	SiO_2	= 0,2906
l. SiO_2	= 0,0720	l. SiO_2	= 0,1005	l. SiO_2	= 0,2192
u. SiO_2	= 0,0152	u. SiO_2	= 0,0063	u. SiO_2	= 0,0432

Glimmer		Labradorit		Phonolit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,7506 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,6512 g	$Al_2O_3 + F2_2O_3$	= 0,2120 g
Al_2O_3	= 0,2680	Al_2O_3	= 0,4587	Al_2O_3	= 0,1250
Fe_2O_3	= 0,555	Fe_2O_3	= 0,1960	Fe_2O_3	= 0,0725
MgO	= 0,0593	CaO	= 0,3030	CaO	= 0,0340
CaO	= 0,0265	MgO	= 0,0098	MgO	= 0,0110
$K_2O + Na_2O$	= 0,1906	$K_2O + Na_2O$	= 0,2136	$K_2O + Na_2O$	= 0,1979
K_2O	= 0,0992	K_2O	= 0,0584	K_2O	= 0,1171
Na_2O	= 0,0814	Na_2O	= 0,1452	Na_2O	= 0,0808
SiO_2	= 0,2088	SiO_2	= 0,1866	SiO_2	= 0,1771
l. SiO_2	= 0,1744	l. SiO_2	= 0,0323	l. SiO_2	= 0,1671
u. SiO_2	= 0,0310	u. SiO_2	= 0,1664	u. SiO_2	= 0,0090

Die Analysenresultate aus den Aschengehalten des frischen Gemisches (Mineral + Moor) in 2 % HCl wurden bereits unter III b aufgeführt.

Durch Ausführen der Subtraktion (I c + II b + IV a) — III b erhält man folgende Zahlen, die in der Tabelle IV a vereinigt sind.

Tabelle IV a.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	+ 0,0380	+ 0,2714	+ 0,2057	+ 0,4351	+ 0,5377	+ 0,1795
Al_2O_3	+ 0,0575	+ 0,0970	+ 0,1437	+ 0,1405	+ 0,5222	— 0,0850
Fe_2O_3	— 0,0195	+ 0,1035	+ 0,0727	+ 0,1378	+ 0,0240	+ 0,1570
CaO	+ 0,0302	+ 0,0855	+ 0,1806	+ 0,0233	+ 0,2470	— 0,0680
MgO	+ 0,0129	+ 0,0067	+ 0,0526	+ 0,0744	— 0,0020	+ 0,0280
$K_2O + Na_2O$	+ 0,0599	+ 0,0082	+ 0,1425	+ 0,1972	+ 0,1582	+ 0,2527
K_2O	+ 0,0398	+ 0,0038	+ 0,0691	+ 0,1035	+ 0,0106	+ 0,2404
Na_2O	+ 0,0211	+ 0,0044	+ 0,0734	+ 0,0837	+ 0,1666	+ 0,0123
SiO_2	+ 0,0942	+ 0,0424	+ 0,2053	+ 0,1759	+ 0,2202	+ 0,1674
l. SiO_2	+ 0,0537	+ 0,0763		+ 0,1462		
u. SiO_2	+ 0,0255	— 0,0066		+ 0,0601		

Tabelle IV b.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolit
	%	%	%	%	%	%
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	+ 1,40	+ 7,45	+ 6,49	+ 11,29	+ 11,11	+ 6,77
Al_2O_3	+ 2,16	+ 8,81	+ 4,63	+ 14,39	+ 10,98	+ 8,07
Fe_2O_3	— 38,28	+ 4,19	+ 9,59	+ 4,44	+ 10,66	+ 9,34
CaO	+ 31,46	+ 2,96	+ 8,86	+ 5,04	+ 14,89	+ 26,05
MgO	+ 17,77	+ 1,15	+ 2,26	+ 4,54	— 2,89	+ 10,98
$K_2O + Na_2O$	+ 2,78	+ 1,42	+ 11,58	+ 14,56	+ 33,17	+ 8,75
K_2O	+ 2,28	+ 1,41	+ 10,23	+ 9,78	+ 16,43	+ 15,37
Na_2O	+ 9,09	+ 1,43	+ 13,22	+ 28,56	+ 40,39	+ 1,42
SiO_2	+ 0,07	+ 0,60	+ 3,17	+ 2,30	+ 2,68	+ 2,49
l. SiO_2						
u. SiO_2						

Aus beiden Tabellen IV a und IV b geht hervor, dass wir in diesem Falle eine Angreifbarkeit sehr wohl feststellen können. So berechnet sich dieselbe für die einzelnen Silikatsbestandteile durchschnittlich wie folgt:

$Al_2O_3 = 5{,}5\ \%$ — $MgO = 3\ \%$
$Fe_2O_3 = 7\ \%$ — $K_2O = 9\ \%$
$CaO = 11\ \%$ — $Na_2O = 15\ \%$

Allerdings ist es nicht berechtigt, aus diesen einzelnen Bestandteilen Durchschnittswerte zu ziehen, da dieselben in den Silikaten in sehr verschiedenen Mengen vorkommen und grössere Zahlen hier unbedingt ganz anders ins Gewicht fallen müssen wie kleinere, bei

denen die vorhandenen Verunreinigungen sehr grosse Schwankungen im Prozentgehalt ergeben. Immerhin gewähren die oben aufgeführten Durchschnittswerte den Vorteil, dass wir die Resultate mit einem Blick sofort übersehen können.

Wenn wir diesesmal aus den gefundenen Werten auf eine etwas vermehrte Angreifbarkeit der Silikate schliessen können, dürfen wir nicht vergessen, dass diese Zahlen uns nur die Endresultate einer Reihe von Operationen ergeben, die wie jede analytische Tätigkeit mit Versuchsfehlern behaftet sind, weshalb wir auch bei jeder und sei es der sorgsamst ausgeführten Analyse von vornherein eine gewisse Fehlergrenze zulassen. Um die Mooraschen herzustellen, war ich gezwungen, höhere Temperaturen anzuwenden und hat es sich selbstverständlich meiner Kontrolle vollständig entzogen, welche Wärmemengen hierzu im einzelnen Falle benötigt wurden, sowie welche Veränderungen dieselben in der Konfiguration und Angreifbarkeit der Silikate hervorgerufen. Es ist deshalb auch nicht ausgeschlosen, dass die Versuchsfehler ziemlich grosse sind und dürfen wir daher die Zahlen der Tabellen IV a und IV b, die erst das Ergebnis einer Reihe von umständlichen und zeitraubender chemischen Operationen sind, nur mit einer gewissen Reserve aufnehmen. Sie beantworten unsere Frage dahin, dass durch das längere Zusammenlagern von Moor mit Silikat letzteres, wenn man die Veraschung des Moores durchgeführt, gegen angreifende Agentien, z. B. 2 % HCl etwas von seiner Widerstandsfähigkeit eingebüsst hat. Voraussetzung dabei ist indes, dass die beim Veraschen zugeführte Wärme die Silikate stets gleichmässig beeinflusst, eine Bedingung, die wahrscheinlich nicht erfüllt wird.

Ein weiterer Punkt, der uns bei der Auswertung der Resultate unsere Tabelle zur Vorsicht zwingt, ist der, dass wir aus dem Material zuerst einen Wasserauszug, dann einen 2 % HCl-Auszug machen und erst dann veraschen und ohne weiteres annehmen, dass dies den gleichen Effekt ergibt wie das sofortige Veraschen des alten Gemisches. Leider konnte aber diese Veraschung erst nach Ausführung der oben erwähnten Wasser- und HCl-Auszüge geschehen, da nicht genügend Versuchsmaterial vorlag. Aus letzterem Grunde war es auch nicht möglich, für das Silikat Olivin die betreffenden Zahlen zu geben, da durch einen Unfall die Bestimmung misslang und es an weiterem Materiale gebrach.

V. Die Mengen, die durch Moor unter andauernder Wassereinwirkung löslich wurden.

Wir liessen uns bei Ausführung der Versuche zur Ermittlung einer solchen Versuchsreihe von folgenden Erwägungen leiten:

Da wir bei der Untersuchung der Frage, ob Moor allein Silikate anzugreifen vermag, eine nennenswerte Angreifbarkeit derselben durch Moostorf nicht beobachten konnten, erweist es sich unbedingt als nötig, festzustellen, ob nicht die Anstellung unserer Versuche daran mit Schuld trägt. Es liegt dabei ganz besonders nahe, Vergleiche mit diesbezüglichen Vorgängen in der Natur zu ziehen, die alle mehr oder weniger, wenn auch in grossen Zeiträumen zur Ausbleichung und Auslaugung der unter Moor oder humosen Substanzen lagernden Silikate führen, die dadurch zustande kommt, dass Eisen und andere Mineralbestandteile fortgeführt werden.

Es erschien vor allem der Umstand von Bedeutung, dass der mit dem Silikatpulver vermengte Moostorf die ganze Zeit über in Ruhe belassen wurde, so dass auch bei einer eventuellen Einwirkung desselben auf das Gestein die gebildeten Zersetzungsprodukte nicht weggeführt werden konnten und eine weitere Einwirkung damit unterbunden blieb. Es ist eine dem Chemiker unter dem Namen „chemische Massenwirkung" wohlbekannte Erscheinung, dass sich zwischen Stoffen, die chemisch aufeinander einwirken ein Gleichgewichtszustand herausbildet, so dass eine weitere Einwirkung damit in vielen Fällen verhindert wird. Dadurch, dass Gelegenheit gegeben wird, Bestandteile des einen dieser Stoffe wegzuführen, verschiebt sich das Gleichgewicht zu seinen Ungunsten, d. h. es unterliegen weitere Teile von ihm der Einwirkung des andern Stoffes.

Ist es nun bei den von uns angestellten Versuchen möglich, die eventuell von Moor angegriffenen, d. h. aufgelösten Bestandteile der Silikate wegzuführen, so verschieben wir gleichfalls das Gleichgewicht zu Ungunsten der Silikate, d. h. es können stets neue Mengen angegriffen und zersetzt werden.

Wir nähern uns damit zugleich den sich in der Natur abspielenden Vorgängen, bei der bekanntlich nie Ruhe herrscht, sondern alles in Bewegung ist.

So werden durch das dem Boden aus der Atmosphäre zugeführte Wasser die aus den Gesteinen durch Verwitterung löslich gewordenen Bestandteile fortgeführt und neue Angriffsflächen für

die Zersetzung geschaffen. Daher sind humide Gebiete, d. h. solche, bei denen die Niederschläge die Verdunstung überwiegen, meist arm an Salzen im Boden.

Die in einem zylindrischen Gefässe befindliche Mischung (Moor + Mineral) wurde einem kontinuierlichen hohen Wasserdrucke dadurch ausgesetzt, dass aus einem in der Höhe von einigen Metern sich befindenden grösserem Glasgefässe stets Wasser auf das Moor herabfliessen konnte. Obgleich der berechnete Wasserdruck ein sehr grosser war, gelang es jedoch nicht, grössere Wassermengen durch das Moor hindurchzupressen und so für eine stete Abfuhr der Lösungsprodukte zu sorgen. Es benötigte eines Zeitraums von mehreren Wochen, bis etwa ½ l auf diese Weise weggeführt wurde. Eine Erklärung findet diese Erscheinung der grossen Undurchlässigkeit des Moores in dessen hohem Gehalt an Kolloiden, die die Durchlässigkeit sehr bedeutend herabsetzen.

Wir mussten infolgedessen eine andere Anordnung treffen und verfuhren folgendermassen:

In Glasgefässen von ca. 1 l Inhalt mit sehr weiter Oeffnung oben, die durch einen Glasstöpsel gut verschliessbar war, wurde die Mischung Moor + Silikat + Wasser gegeben und nach tüchtigem Durchschütteln abfiltriert, die abfiltrierte Lösung durch frisches Wasser ersetzt und nach kräftigem Schütteln wieder abfiltriert und dieses sehr oft während der Zeitdauer von mehreren Wochen wiederholt. Die Filtrate wurden gesammelt und untersucht.

Die so gefundenen Werte müssen indes nach folgenden Gesichtspunkten ausgewertet werden:

In Abzug gebracht muss alles werden, was Wasser aus den Silikaten sowie aus dem Moore löst.

Um das Ausgangsmaterial für die in Abschnitt VI beschriebenen Elektrolysen zu sparen, wurden je 15 g der Silikatpulver mit 100 g Moor vermengt und aus diesen Proben die oben beschriebenen Wasserauszüge entnommen. Zu der Mischung Phonolit + Moor wurden 200 g Moor benutzt.

Die Mengen der Verunreinigungen, die mithin durch Wasser aus dem beigefügten Moore entnommen wurden, ergeben sich demnach aus den in I a aufgeführten Zahlen durch deren Division durch 3, während bei Phonolit, nachdem 200 g Moore benutzt wurden nur durch ⅔ zu teilen ist.

Wir haben dann V a.

für 100 g Moor		für 200 g Moor	
CaO	= 0,0067 g	CaO	= 0,0134 g
MgO	= 0,0018	MgO	= 0,0036
$K_2O + Na_2O$	= 0,0077	$K_2O + Na_2O$	= 0,0154
K_2O	= 0,0033	K_2O	= 0,0066
Na_2O	= 0,0044	Na_2O	= 0,0088
SiO_2	= 0,0024	SiO_2	= 0,0048

Die durch Wasser aus je 15 g Silikatpulver in Lösung gegangenen Mengen sind unter I b aufgeführt.

V b. Die Mischung 15 g Silikat + 100 g Moor wurde andauernder Wassereinwirkung ausgesetzt und die Filtrate gesammelt und analysiert. Aus diesen Analysen ergeben sich folgende Zahlen:

Feldspat		Augit		Hornblende	
CaO	= 0,0180 g	CaO	= 0,0238 g	CaO	= 0,0160 g
MgO	= 0,0060	MgO	= 0,0054	MgO	= 0,0099
$K_2O + Na_2O$	= 0,0708	$K_2O + Na_2O$	= 0,0726	$K_2O + Na_2O$	= 0,1188
K_2O	= 0,0279	K_2O	= 0,0216	K_2O	= 0,0423
Na_2O	= 0,0429	Na_2O	= 0,0510	Na_2O	= 0,0765
SiO_2	= 0,0132	SiO_2	= 0,0383	SiO_2	= 0,0363

Olivin		Glimmer		Labradorit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0030 g				
CaO	= 0,0114	CaO	= 0,0099 g	CaO	= 0,0181 g
MgO	= 0,0156	MgO	= 0,0104	MgO	= 0,0060
$K_2O + Na_2O$	= 0,0984	$K_2O + Na_2O$	= 0,0664	$K_2O + Na_2O$	= 0,0935
K_2O	= 0,0162	K_2O	= 0,0404	K_2O	= 0,0348
Na_2O	= 0,0822	Na_2O	= 0,0261	Na_2O	= 0,0568
SiO_2	= 0,0651	SiO_2	= 0,0307	SiO_2	= 0,0270

Phonolit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0160 g
CaO	= 0,0095
MgO	= 0,0046
$K_2O + Na_2O$	= 0,3852
K_2O	= 0,1881
Na_2O	= 0,1971
SiO_2	= 0,1993

Durch Ausführen der Subtraktion: V b — (V a + I b) ergeben sich folgende Zahlen:

Tabelle V a.

	Feld spat	Augit	Horn-blende	Olivin	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
CaO	+ 0,0093	— 0,0089	+ 0,0058	— 0,0018	— 0,0158	+ 0,0024	— 0,0264
MgO	+ 0,0007	+ 0,0023	+ 0,0068	+ 0,0118	+ 0,0036	+ 0,0012	— 0,0049
$K_2O + Na_2O$	+ 0,0491	+ 0,0555	+ 0,0781	+ 0,0532	+ 0,0282	+ 0,0653	+ 0,3195
K_2O	+ 0,0142	+ 0,0122	+ 0,0206	+ 0,0016	+ 0,0206	+ 0,0250	+ 0,1526
Na_2O	+ 0,0349	+ 0,0433	+ 0,0575	+ 0,0522	+ 0,0089	+ 0,0407	+ 0,1668
SiO_2	+ 0,0108	+ 0,0552	+ 0,0255	+ 0,0627	+ 0,0232	+ 0,0235	+ 0,1191

Tabelle Vb.

	Feld-spat	Augit	Horn-blende	Olivin	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
$Al_2O_2 + Fe_2O_3$				— 0,01			— 0,4
CaO	+ 9,07	— 0,31	+ 0,28	— 0,27	— 3,57	+ 0,15	— 12,72
MgO	+ 1,05	+ 0,31	+ 0,29	+ 0,23	+ 0,22	+ 1,74	— 1,92
$K_2O + Na_2O$	+ 2,26	+ 9,61	+ 6,35	+ 7,50	+ 2,08	+ 13,68	+ 6,21
K_2O	+ 0,81	+ 4,52	+ 3,09	+ 0,31	+ 1,96	+ 39,06	+ 6,88
Na_2O	+ 15,06	+ 14,14	+ 10,36	+ 13,50	+ 2,97	+ 9,88	+ 5,69
SiO_2	+ 0,11	+ 0,71	+ 0,39	+ 0,93	+ 0,32	+ 0,29	+ 1,77

Die Tabelle Va zeigt, dass zwar die absoluten Grössen der in Lösung gegangenen Stoffe nicht ungewöhnlich gross sind, doch lässt sich ersehen, dass durch andauernde Wassereinwirkung weit mehr gelöst wird[3]), als dies durch Moor + 1 l Wasser geschieht. Besonders gilt dies für die Alkalien und die Kieselsäure, während Kalk und Magnesia weniger angegriffen werden als jene.

Immerhin sind die in der Tabelle V a zusammengestellten Beträge doch zu gering, um von einer nennenswerten Vergrösserung der Angreifbarkeit der Silikate reden zu können.

VI. Die Mengen, die aus Silikat durch Moor unter Mitwirkung der Elektrolyse löslich wurden.

Bereits im Jahre 1840 hat Brogniart die Theorie aufgestellt, dass die Kaolinisierung der Feldspate in der Natur z. T. von den elektrischen Wirkungen bedingt wird, die die Erdströme auslösen. Es gelang ihm auch zu zeigen, dass feiner Feldspatstaub in einer U-Tube durch den elektrischen Strom eine Zersetzung erleidet.

Eingehendere Versuchung nach dieser Richtung hin führte Cushman[4]) aus, der feststellte, dass die durch Einwirkung des Wassers auf Feldspatpulver auf dessen Oberfläche gebildete kolloide Aluminiumkieselsäure die ebenfalls durch Einwirkung des Wassers gebildeten Alkalisilikate durch Absorption festhalte. Diese können

[3]) Und zwar zeigt die Tabelle, dass dies bei allen Bestandteilen, also auch beim Kalk und der Magnesia der Fall ist.

[4]) Cushman: U. St. Dep. of Agr. Bureau of Chemistry. Bull 92 (1905).

indes durch Elektrolyse wieder losgelöst werden und wandern dann zur Kathode.

Es lag daher nahe, die Elektrolyse auch für unsere Zwecke zu benützen und trafen wir daher folgende Anordnung:

Die zu solchen Versuchen eigens aufbewahrten, im Jahre 1901 angesetzten 2. Mischungen eines jeden Silikats (15 g) mit je 300 g Moor wurden als Versuchsmaterial benützt.

In einem grösseren Glasgefäss wurde die Mischung (15 g Silikat + 300 g Moor) mit etwas Wasser versetzt und gut durchgemischt. Dann wurde als Innen- oder Kathodenraum ein Tonzylinder, der etwas destilliertes Wasser enthielt, eingefügt und mit dem Pole eines Kreisstromes von 110 Volt Spannung verbunden. Der von dem grösseren Glasgefäss eingeschlossene Raum diente als Anodenraum. Der Strom wurde durch 2 Platinelektroden eingeführt, die an Platindrähten befestigt waren. Um die zur Einleitung der Elektrolyse benötigte Stromstärke von etwa 0,05 Amp. zu erreichen, waren durch elektrische Glühlampen, die in den Stromkreis beliebig ein- oder ausgeschaltet werden konnten, geeignete Rheostate vorhanden.

Die Elektrolyse war zugleich von Endosmose begleitet, d. h. es trat bei geschlossenem Strom fortwährend Wasser von der Anode zur Kathode über, das nach einiger Zeit aus dieser zwecks chemischer Untersuchung entnommen wurde. In den Aussenraum oder die Anode musste andrerseits von Zeit zu Zeit frisches Wasser gegeben werden, um die Elektrolyse und die damit verbundene Endosmose in Tätigkeit zu erhalten.

Die Stromstärke war am Anfange eines jeden Versuches beträchtlich grösser als später. Es ist dies damit zu erklären, dass durch die dem Moore beigemischten 15 g Silikat eine nicht unbedeutende Menge von Elektrolyten vorhanden waren, die bekanntlich die Leitfähigkeit erhöhen, den innern Widerstand aber erniedrigen. Unsere Elektrolysenflüssigkeit besass demnach eine gute Leitungsfähigkeit und einen geringen innern Widerstand.

Nach dem bekannten Ohm'schen Gesetz:

$$J = \frac{E}{W}$$

musste deshalb unsere Stromstärke anfangs etwas grösser sein.[5])

Es wurden daher zu Beginn einer jeden Elektrolyse mehrere

[5]) In einigen Fällen bis zu 1 Amp.

Glühlampen in den Stromkreis eingeschaltet, um dadurch den äussern Widerstand, d. h. den der Stromleitung zu erhöhen und die Stromstärke bis zu einem gewissen Betrage (0,05 Amp.) herabzudrücken.

Nach einiger Zeit vergrösserte sich der innere Widerstand, d. h. der der Elektrolysenflüssigkeit von selbst dadurch, dass die Elektrolyte an die Kathode geführt und hier durch Entnahme der Kathodenflüssigkeit weggeführt wurden.

Hand in Hand mit dieser Verarmung der elektrolysierten Flüssigkeit an Elektrolyten ging eine ganz bedeutende Verlangsamung der Endosmose. Während zu Beginn der Elektrolyse das vom Anoden- in den Kathodenraum transportierte Wasser diesen in etwa ½ Stunde füllte, so dass man es abhebern musste, ging die Endosmose schliesslich so weit zurück, dass es ca. 6 Stunden und länger dauerte, bis der Kathodenraum wieder gefüllt war.

Die Elektrolyse dauerte bei den einzelnen Versuchen 8—14 Tage, evtl. noch länger und es wurden in diesem Zeitraum etwa 5—8 l Flüssigkeit an der Kathode entnommen und gesammelt. Ueber Nacht wurde der Strom natürlich unterbrochen.

Die in der Kathode angesammelte Flüssigkeit war beinahe wasserklar und nicht durch Humusstoffe gefärbt.

Es wurden der Reihe nach folgende Operationen ausgeführt:

a) 300 g Moor allein wurden mit Wasser versetzt und der Elektrolyse unterworfen. Die an die Kathode übergeführte Flüssigkeit (ca. 6 l) wurde analysiert und dabei folgende Mengen an Basen gefunden:

VI a.

$Al_2O_3 + Fe_2O_3 = 0{,}0110$ g	$K_2O + Na_2O = 0{,}0340$ g
$CaO = 0{,}0255$	$K_2O = 0{,}0231$
$MgO = 0{,}0095$	$Na_2O = 0{,}0119$

b) Die Mischungen 15 g Silikat + 300 g Moor wurden jede für sich der Elektrolyse unterworfen.

Die an der Kathode gesammelte Flüssigkeit (nicht unter 5 l im einzelnen Falle) wurde untersucht. Die alkalische Reaktion konnte durch Phenolphtalein stets festgestellt werden. Doch war, da keine Eisenreaktionen festgestellt werden konnten, es wahrscheinlich, dass das Eisen in komplexer Bindung vorhanden war. Nach dem Eindampfen einer kleinen Probe und gelindem Glühen konnte es nachgewiesen werden.

Es wurde daher die Kathodenflüssigkeit in einer Platinschale eingedampft und der Rückstand gelinde geglüht, dann in H Cl aufgenommen und untersucht. Gefunden wurde:

VI b.

Feldspat		Augit		Labradorit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0428 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0470 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0459 g
Al_2O_3	= 0,0230	Al_2O_3	= 0,0380	CaO	= 0,0991
Fe_2O_3	= 0,0245	Fe_2O_3	= 0,0115	MgO	= 0,0149
CaO	= 0,0743	CaO	= 0,0790		
MgO	= 0,0330	MgO	= 0,0620		
$K_2O + Na_2O$	= 0,0881	$K_2O + Na_2O$	= 0,0879		
K_2O	= 0,0542	K_2O	= 0,0322		
Na_2O	= 0,0339	Na_2O	= 0,0557		

Hornblende		Glimmer		Phonolit	
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0623 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,1248 g	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	= 0,0910 g
Al_2O_3	= 0,0290	Al_2O_3	= 0,0610	Al_2O_3	= 0,0710
Fe_2O_3	= 0,0415	Fe_2O_3	= 0,0730	Fe_2O_3	= 0,0155
CaO	= 0,0743	CaO	= 0,0438	CaO	= 0,0146
MgO	= 0,0220	Mg	= 0,1111	MgO	= 0,0164
$K_2O + Na_2O$	= 0,0918	$K_2O + Na_2O$	= 0,1284	$K_2O + Na_2O$	= 1,4528
K_2O	= 0,0380	K_2O	= 0,0687	K_2O	= 0,1542
Na_2O	= 0,0538	Na_2O	= 0,0597	Na_2O	= 1,2986

Die Mengen, die durch Wasser aus den Silikaten ausgezogen werden, und von obigen Zahlen in Abrechnung gebracht werden müssen, sind bereits in I b aufgeführt.

Desgleichen müssen die aus Moor durch Elektrolyse entfernten Stoffe subtrahiert werden. Die Zahlen für den Moorauszug durch Elektrolyse stehen unter VI a.

Durch Vornahme der Subtraktion: VI b — (I b + VI a) ergeben sich folgende 2 Tabellen:

I. Durch Elektrolyse aus Moor + Silikat ergibt sich:

a) In absoluten Zahlen:

Tabelle VI a.

	Feldspat	Augit	Hornblende	Labradorit	Glimmer	Phonolit
$Al_2O_2 + Fe_2O_3$	+ 0,0298	+ 0,0360	+ 0,0513	+ 0,0349	+ 0,1138	0,0780
Al_2O_3	+ 0,0175	+ 0,0325	+ 0,0235		+ 0,0555	0,0600
Fe_2O_3	+ 0,0190	+ 0,0060	+ 0,0360		+ 0,0675	0,0045
CaO	+ 0,0598	+ 0,0275	+ 0,0454	+ 0,0646	— 0,0007	+ 0,0995
MgO	+ 0,0200	+ 0,0512	+ 0,0112	+ 0,0024	+ 0,0966	+ 0,0027
$K_2O + Na_2O$	+ 0,0491	+ 0,0535	+ 0,0338		+ 0,0629	+ 1,3853
K_2O	+ 0,0307	+ 0,0130	+ 0,0065		+ 0,0379	+ 0,1156
Na_2O	+ 0,0184	+ 0,0400	+ 0,0273		+ 0,0350	+ 1,2697

Tabelle VI b.

b) In %:

	Feldspat	Augit	Hornblende	Labradorit	Glimmer	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	+ 1,09	+ 0,99	+ 1,62	+ 0,72	+ 2,95	2,94
Al_2O_3	0,67	2,68	1,49		1,95	3,58
Fe_2O_3	37,27	0,24	2,43		7,05	0,42
CaO	62,29	0,95	2,23	3,89	— 0,16	38,12
MgO	29,85	8,78	0,48	3,48	+ 5,92	1,06
$K_2O + Na_2O$	2,29	9,27	2,75		+ 4,66	26,92
K_2O	1,75	4,82	0,97		3,58	5,22
Na_2O	7,93	13,19	4,92		11,66	43,32

Die Anwendung der Elektrolyse erfolgte insbesondere aus dem Grunde, weil dadurch die Menge der Stoffe ermittelt werden kann, die zur Kathode wandern. Dies ist aber alles, was in den betr. Silikaten nicht mehr fest gebunden ist, oder in unserem Falle, was durch den Einfluss des Moores aus ihnen gelöst wurde. Wie die Elektrolyse geeignet ist, eventuell zur Bestimmung der absorptiv gebundenen Stoffe im Boden herangezogen werden, so kann sie zweifellos auch mit Erfolg dazu herangezogen werden, den Einfluss der Verwitterung auf Silikatgesteine festzustellen, wie dies in unserem Falle auch geschehen ist.

Aus Tabelle VI b ist zunächst zu ersehen, dass unter dem Einflusse der Elektrolyse bei sämtlichen Silikaten Eisen und Aluminium an die Kathode geführt wurden, d. h. wenn dieselben längere Zeit mit Moor eingebettet waren.

Wurden die Silikate für sich allein der Elektrolyse ausgesetzt, so dialysierten Eisen und Aluminium nicht. Dies spricht jedenfalls dafür, dass nur unter dem Einflusse von Moor Eisen und Aluminium in Bewegung gesetzt werden, d. h. dass Moor eben nach einiger Zeit kleinere Beträge an diesen beiden Stoffen derartig angegriffen und aus ihrem Verbande in Silikat gelöst hat, so dass sie durch den elektrischen Strom an die Kathode geführt werden. Wie Tabelle VI b zeigt, machen diese dialisierten Beträge auch bei den andern Stoffen ein bis mehrere Prozente aus. Es ist dies somit ein Weg, zu zeigen, dass Moostorf nicht ohne Einfluss auf eingebettete Silikate ist, oder mit andern Worten, dass durch ersteren letztere angegriffen wurden.

Zum Schlusse möchte ich noch einen kleinen Ueberblick über die von mir benützten Methoden geben, durch deren Verwendung ich den Einfluss der Humusstoffe auf die Verwitterung der Silikate feststellen wollte. Bestimmt wurde:

I. Die Menge der Stoffe der betr. Silikate, die unter dem Einfluss von Moor in Wasser löslich wurden.

II. Die Mengen, die durch Moor in 2 % Salzsäure löslich wurden.

III. Die Mengen, die durch Vermischen des Silikats mit frischem Moostorf nach dem Einäschern desselben in 2 % Salzsäure löslich wurden.

IV. Die Mengen, die nach dem Einäschern des Moores, das seinerzeit beigemischt wurde, in 2 % H Cl löslich wurden.

V. Die Mengen, die durch Moor unter länger andauernder Behandlung mit Wasser in Lösung gingen.

VI. Die Mengen, die durch Moor unter Anwendung von Elektrolyse in Lösung gingen.

Im folgenden führe ich die Bezeichnung dieser sechs Methoden die Ziffern I, II, III, IV, V u. VI ein.

Aus den betreffenden Tabellen ist zu ersehen, welche Grössen durch Anwendung dieser Methoden ermittelt werden konnten. Es dürfte sich somit noch erübrigen, eine kurze Uebersicht nebst einem Vergleich der Resultate derselben zu geben.

Ich habe bereits früher darauf hingewiesen, dass ein event. Einfluss von Moostorf auf die Silikate am besten und einwandfreiesten für die Bestandteile der letzteren nachgewiesen werden kann, die in grösserer Menge in denselben vorhanden sind.

So enthalten z. B. die verwendeten Silikate Augit 19,22 % CaO, Hornblende 13,59 % CaO und Labradorit 11,06 % CaO. Durch Methode I konnte gezeigt werden, dass durch Moor allein hiervon im ersten Falle — 0,59 %, also unter 0, im zweiten Falle + 0,3 % und im dritten — 1,39 % in Lösung ging.

II (Moor in 2 % HCl) für Augit ebenfalls für CaO: — 0,10 %; Hornblende — 0,92 %; Labradorit — 2,64 %.

III.	Augit	1,12 % CaO in Lösung
	Hornblende	0,63 % „ „ „
	Labradorit	0,69 % „ „ „
IV.	Augit	2,96 % CaO in Lösung
	Hornblende	8,86 % „ „ „
	Labradorit	14,89 % „ „ „

V. Augit . . . . . — 0,31 % CaO in Lösung
Hornblende . . . . . + 0,28 % „ „ „
Labradorit . . . . . + 0,15 % „ „ „

VI. Augit . . . . . 0,95 % CaO in Lösung
Hornblende . . . . . 3,23 % „ „ „
Labradorit . . . . . 2,89 % „ „ „

Bezüglich des Gehaltes an Magnesia können die Silikate Olivin und Hornblende herangezogen werden, von denen ersterer 33,5 % MgO, letztere 15,52 % hiervon enthält.

In Prozenten lösten sich von MgO

bei Olivin durch I + 0,11 % MgO
„ II + 1,58 % „
„ V + 0,23 % „

bei Hornblende durch I — 0,17 % MgO
„ II + 0,68 % „
„ III + 0,79 % „
„ IV + 2,26 % „
„ V + 0,29 % „
„ VI + 0,48 % „

Bezüglich des Gehaltes an Al_2O_3 stehen die Silikate Labradorit, Glimmer und Feldspat obenan, von denen ersterer 30,5 % Al_2O_3, Glimmer 18,95 % Al_2O_3 und Feldspat 17,69 % Al_2O_3 enthält.

Hier ergibt sich:

Bei Labradorit wurden gelöst

durch II — 0,26 % Al_2O_3
„ III — 1,38 % „
„ IV + 10,98 % „
„ VI + 0,32 % „

Bei Glimmer:

durch II — 3,73 % Al_2O_3
„ III + 3,96 % „
„ IV + 14,39 % „
„ VI + 1,95 % „

Bei Feldspat:

durch II — 0,66 % Al_2O_3
„ III + 0,51 % „
„ IV 2,16 % „
„ VI 0,67 % „

Einen gröseren Gehalt an Kali (K_2O) weisen die Silikate Feldspat und Glimmer auf und zwar enthält ersterer 14,37 %, letzterer 7,05 % hiervon.

Es lösten sich

bei Orthoklas durch	I	+ 0,37 %	K_2O
„	II	0,23 %	„
„	III	+ 0,27 %	„
„	IV	2,28 %	„
„	V	0,81 %	„
„	VI	1,75 %	„
bei Glimmer durch	I	+ 0,48 %	K_2O
„	II	2,04 %	„
„	III	— 0,84 %	„
„	IV	9,78 %	„
„	V	1,96 %	„
„	VI	3,58 %	„

Endlich möge noch die Löslichkeit der Kieselsäure durch folgende Tabelle vor Augen geführt werden:

	Orthoklas	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolit
Methode I	0,08	0,01	0,2	0,1	0,15	0,16	0,89
„ II	— 0,06	— 0,38	—	0,91	0,65	0,18	1,12
„ III	— 0,16	— 0,30	— 0,42		— 0,31	— 0,77	+ 1,04
„ IV	2,97	2,60	3,17		2,39	2,68	2,49
„ V	0,11	0,71	0,39	0,93	0,32	0,29	1,77

Allgemein lässt sich feststellen, dass durch Anwendung der Methoden I u. II eine Einwirkung des Moostorfes auf die Silikate nur sehr schwer feststellbar ist. Die Differenzen sind zu gering, um deutlich in Erscheinung zu treten. Methode IV zeigt grosse Differenzen, aus denen der Einfluss des Moores sehr stark hervortritt. Indessen sind gerade die Resultate dieser Gruppe nur mit Vorsicht aufzunehmen aus Gründen, die ich bereits aufgeführt.

Dagegen zeigen auch die Resultate aus den Methoden V u. VI, dass eine Einwirkung des Moostorfes auf die betreffenden Silikate stattgefunden hat, und dass diese nachweisbar ist. Von besonderem Interesse ist jedenfalls der Umstand, dass Eisen und Aluminium der betreffenden Silikate bei Anwendung der Elektrolyse nur dann an die Kathode wanderten, wenn diese Silikate der Einwirkung von Moor ausgesetzt waren. Da die Elektrolyse nur Stoffe zur Wanderung bringt, die sich nicht mehr im festen Verbande befinden, also durch irgendwelche Ursachen losgelöst wurden, so lässt sich hiermit feststellen, dass die Elektrolyse geeignet ist, die Angreifbarkeit der Silikate durch Moor, auch wenn diese nur gering ist, nachzuweisen.

Im Anhange befinden sich die Tabellen, in denen die Zahlen der früheren Tabellen statt auf 15 g der Silikate auf 100 g umgerechnet sind.

Tabelle I.

	Orthoklas	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,0231				+ 0,0066	+ 0,0165	— 0,0330
CaO	0,0647	— 0,1135	+ 0,0415	— 0,0772	— 0,1135	— 0,1531	— 0,1155
MaO	0,0396	0,0052	— 0,0264	+ 0,0363	— 0,0396	— 0,0231	+ 0,0026
$K_2O + Na_2O$	— 0,1168	— 0,1161	— 0,0607	+ 0,0158	+ 0,0349	— 0,0172	— 0,0739
K_2O	— 0,0422	— 0,0534	0,0151	+ 0,0673	+ 0,0336	— 0,0396	— 0,1379
Na_2O	— 0,0752	— 0,0633	— 0.0765	— 0,0521	+ 0,0007	+ 0,0185	— 0,0019
SiO_2	+ 0,0514	+ 0,0066	+ 0.0858	+ 0,2415	+ 0,0732	+ 6,0884	+ 0,4158
l. SiO_2			+ 0,0779	+ 0,1571	+ 0,0581	± 0,0827	
u. SiO_2			+ 0,0614	+ 0,0237	— 0,0053	+ 0,0403	

Tabelle II.

	Orthoklas	Augit	Hornblende	Olivin	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	— 0,1386	— 0,3234	— 0,7326	— 0,0759	— 0,5227	— 0,2076	+ 0,6600
Al_2O_3	— 0,1155	— 0,6468	— 0,4871	— 0,0066	— 0,6996	— 0,0792	+ 0 4125
Fe_2O_3	— 0,1584	+ 0,0561	— 0,3385	— 0,1551	— 0,2917	— 0,0825	+ 0,0099
CaO	+ 0,0231	— 0,0198	— 0,1247	+ 0,2772	— 0,1036	— 0,2904	+ 0,1023
MgO	+ 0,1591	+ 0,1445	+ 0,1043	+ 0,5234	— 0,4006	— 0,0343	— 0,0046
$K_2O + Na_2O$	+ 0,0099	— 0,0442	+ 0,2145	+ 0,0937	+ 0,1551	+ 0.0495	— 1,3186
K_2O	+ 0,0330	+ 0,0033	+ 0,0686	+ 0,1175	+ 0,1425	+ 0,2244	—
Na_2O	— 0,0231	— 0,0475	+ 0,1459	— 0,0237	— 0,0125	— 0,2673	—
SiO_2	+ 0,0409	— 0,1762	— 0,6468		— 0,3075	— 0,0997	+ 0,4963
l. SiO_2	— 0,0501	— 0,1676	— 0,6494		— 0,1504	— 0,1538	+ 0,2270
u. SiO_2	— 0,0297	— 0,0844	— 0,2079		+ 0,0099	+ 0,0548	— 0,3742

Tabelle III.

	Orthoklas	Augit	Hornblende	Glimmer	Labradorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,363	— 0,1082	+ 0,9590	1,3497	0,3399	0,6699
Al_2O_3	0.0891	+ 0,1122	0,3003	0,7455	— 0,4224	— 0,0528
Fe_2O_3	0 0759	+ 0,1980	0,5412	0,6204	0,8613	0,8580
CaO	0,0845	+ 0,2145	0.0858	— 0,0792	0,0759	— 0,1254
MgO	0.0885	+ 0.0693	0,1221	— 0,5610	— 0,0172	— 0,1775
$K_2O + Na_2O$	0,0660	+ 0.0521	— 0,1260	— 0,0092	0,2943	0,8421
K_2O	0,0310	+ 0,0541	— 0,0891	— 0.0594	— 0,0165	1,5358
Na_2O	0,0350	+ 0.0019	— 0,0369	0,0587	0,3108	— 0,7062
SiO_2	+ 0.1012	+ 0,1393	— 0,1801	— 0,1548	— 0,4177	0,4639
l. SiO_2	— 0,1102	+ 0,0495				
u. SiO_2		+ 0,0620				

Tabelle IV.

	Ortho-klas	Augit	Horn-blende	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,2508	1,7912	1,3695	2,9816	3,5488	1,1847
Al_2O_3	0,3795	0,6402	0,9484	0,9273	3,4465	— 0,5319
Fe_2O_3	— 0,1287	0,6831	0,4798	0,9095	0,1584	1,0362
CaO	0,1993	0,5643	1,1919	0,1471	1,5302	— 0,4488
MgO	0,0792	0,0442	0,3471	0,4910	— 0,0132	0,1848
$K_2O + Na_2O$	0,3953	0,0541	0,9405	1,3015	1,0441	1,6678
K_2O	0,2626	0,0250	0,4560	0,6831	0,0699	1,5866
Na_2O	0,1392	0,0290	0,4824	0,5524	1,0995	0,0811
SiO_2	— 0,6217	0,2798	1,3550	1,1609	1,4533	1,1048
l. SiO_2	0,3544	0,5035		0,9649		
u. SiO_2	0,1683	— 0,0435		0,3966		

Tabelle V.

	Ortho-klas	Augit	Horn-blende	Olivin	Glimmer	Labra-dorit	Phonolit
CaO	0,0614	— 0,0587	0,0382	— 0,0118	— 0,1042	0,0158	— 0,1742
MgO	0,0046	+ 0,0151	0,0448	0,0778	0,0237	0,0079	— 0,0323
$K_2O + Na_2O$	0,3240	0,3663	0,5154	0,3511	0,1861	0,4310	2,1127
K_2O	0,0937	0,0805	0,1360	0,0060	— 0,0039	0,1650	1,0071
Na_2O	0,2303	0,2868	0,3795	0,3445	0,1807	0,2686	1,1008
SiO_2	0,0712	0,3643	0,1683	0,4138	0,1531	0,1551	0,7860

Tabelle VI.

	Ortho-klas	Augit	Horn-blende	Labra-dorit	Glimmer	Phonolit
$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	0,1967	0,2370	0,3385	0,2303	0,7510	— 0,0033
Al_2O_3	0,1155	0,2145	0,1551		0,3663	
Fe_2O_3	0,1254	0,0396	0,2376		0,4455	
CaO	0,9226	0,1815	0,2989	0,4263	0,0046	0,6677
MgO	0,1320	0,3379	0,0739	0,0158	0,6375	0,0178
$K_2O + Na_2O$	0,3240	0,3531	0,2230		0,7451	9,1492
K_2O	0,2026	0,1858	0,0429		0,2501	0,7629
Na_2O	0,1214	0,2673	0,1801		0,4950	8,3800

Druck: Aktiengesellschaft für Buchdruck und Zeitschriften, Berlin C. 25, Dircksenstr. 41.